Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 287-298

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۹۸-۲۸۷

مقاله پژوهشی

اثر پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج

شهرام نظری[1*]، مریم حسینی چالشتری[1]، مهرزاد الهقلی‌پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، آزمایشی در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم برنج (هاشمی و گوهر) و تیمار بذر ارقام برنج در هفت سطح شامل، پرایمینگ با کلرید کلسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، پرایمینگ با کلرید پتاسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، پرایمینگ با سولفات روی (غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در ۱۲ ساعت)، هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دار کردن بذر با کلرید کلسیم، هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دار کردن با کلرید پتاسیم، هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دار کردن با سولفات روی و هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت به‌عنوان شاهد) بود. نتایج نشان داد که رقم اصلاح شده گوهر دارای درصد و سرعت سبز شدن بالاتری نسبت به رقم بومی هاشمی بود. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین سرعت سبز شدن متعلق به تیمارهای پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم است. بالاترین ارتفاع بوته برنج به‌ترتیب در تیمار پوشش‌دار کردن و پرایمینگ با کلرید پتاسیم در رقم هاشمی مشاهده شد. پیش‌تیمارهای بذر به‌صورت پرایمینگ و یا پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات روی سبب افزایش طول خوشه برنج نسبت به تیمار شاهد (هیدروپرایمینگ) شدند. در بین این تیمارها کلرید کلسیم بیش‌ترین و سولفات روی کم‌ترین تأثیر را بر افزایش طول خوشه نسبت به تیمار شاهد شدند. پوشش‌دار کردن بذر با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم نیز باعث افزایش وزن خوشه نسبت به تیمار شاهد شدند. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و نیز عملکرد دانه در تیمار پوشش‌دار کردن بذر با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌دست آمد. بالاترین شاخص برداشت در تیمارهای پوشش‌دار کردن و پرایمینگ با کلرید پتاسیم مشاهده شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد پوشش‌دار کردن بذر با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم موجب بهبود کارکرد بذر و در نتیجه افزایش عملکرد برنج می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی با سطح زیر کشت بیش از ۱۶۱ میلیون هکتار و مقدار تولید ۷۸۰ میلیون تن در جهان، نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری دارد (FAOSTAT, 2020). برنج غذای بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد و روزانه بیش از سه و نیم میلیارد نفر در حدود ۲۰ درصد کالری مورد نیاز خود را از این گیاه استراتژیک تأمین می‌کنند (Priya *et al.*, 2019). براساس پیش‌بینی‌ها جهت ایجاد امنیت غذایی تولید برنج طی سال‌های ۲۰۳۵ و ۲۰۵۰ به‌ترتیب حدود ۲۶ و ۵۰ درصد باید افزایش یابد (IRRI, 2020). از این‌رو، بهبود بهره‌وری در واحد سطح، مهم‌ترین راهبرد در افزایش تولید برنج می‌باشد. بنابراین برای بالا بردن توان و ظرفیت تولید باید از روش‌های پیشرفته استفاده نمود. این روش‌ها که امروزه به نام مدیریت صحیح زراعی از آن نام برده می‌شود، به‌عنوان راهکاری اثربخش برای افزایش عملکرد بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

امروزه کاهش محصول برنج ناشی از عدم استقرار و رشد کند در اوایل دوره رشد و به تبع آن تولید نشاهای ضعیف به‌گونه‌ای جدی‌تر مورد توجه قرار گرفته است (Farooq *et al.*, 2007). علی‌رغم پیشرفت‌های حاصل شده در تکنولوژی و مدیریت زراعی، کماکان بذر، جوانه زنی و استقرار مطلوب گیاهچه‌های حاصل از آن دارای اهمیت کلیدی است. در این میان، مدیریت تولید گیاهچه‌های قوی اهمیت خاصی دارد که توجه به آن و به‌کارگیری توصیه‌ها و نکته‌های کارشناسی، باعث موفقیت کشاورزان برنج کار و افزایش تولید خواهد شد. جوانه‌زنی از مراحل حساس در چرخه رشد برنج محسوب می‌شود، اختلال در این مرحله منجر به کاهش درصد و سرعت سبز شدن خواهد شد که در این حالت به دلیل توسعه سیستم ریشه‌ای نامناسب

۱- استادیار پژوهش، بخش اصلاح و تهیه بذر، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲- دانشیار پژوهش، بخش اصلاح و تهیه بذر، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: shahram_nazari1986@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.69587.1040

گیاهچه برنج دارای بنیه ضعیف می‌شود و رشد مناسب و طبیعی نخواهد داشت (Farooq *et al*., 2015). در این شرایط بوته‌های برنج مستعد حمله تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود و مقدار عملکرد برنج به شدت کاهش می‌یابد. اگرچه تخمین درستی از میزان کاهش محصول توسط عدم استقرار و رشد رویشی سریع، نشاهای ضعیف و مستعد هر گونه تنش در ایران وجود ندارد، ولی به علت گرایش کشاورزان به کشت ارقام محلی و نامساعد بودن شرایط محیطی، همه ساله کشت برنج با کاهش محصول مواجه می‌شود (Rezvantalab *et al*., 2019). استقرار نشاها در مزرعه از اهمیت ویژه‌ای در چرخه زندگی گیاه برنج برخوردار است؛ به طوری که عاملی مهم و تعیین‌کننده در استقرار مطلوب و عملکرد نهایی گیاه به شمار می‌رود. استقرار سریع گیاهچه موجب افزایش توان گیاه برای مقابله با شرایط نامساعد محیطی و مشکلات ناشی از آفات و بیماری‌ها می‌شود (Harris *et al*., 2001). همان طور که درک ما از فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی گسترش یافته است، روش‌هایی برای تغییر این فرآیندها برای تولید بذر در کشاورزی به‌وجود آمده است. از این‌رو لزوم رسیدن به راهکارهای مناسب جهت افزایش کارایی گیاه و استقرار مناسب گیاهچه‌ها جهت پایداری بیشتر در خاک بیش از پیش لازم به نظر می‌رسد. از متداول‌ترین روش‌های شناخته شده در این زمینه از راهبردهای کم‌هزینه و کاربردی جهت غلبه بر این تنش، پیش تیمار بذرها قبل از کشت، پرایمینگ بذر یا پوشش‌دار کردن که به واسطه آن بذرها پیش از قرارگرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند. استفاده از تکنیک پیش‌تیمار بذر می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر در افزایش کیفیت بذر باشد (Imran *et al*., 2013). اخگری و همکاران (Akhgary *et al*., 2017) طی پژوهشی دریافتند که پرایمینگ بذر برنج با سالیسیلیک اسید و کلرید کلسیم به‌ترتیب ۱۱ و ۱۳ درصد عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. پوشش‌دار کردن بذر برنج با سولفات روی از طریق بهبود در سرعت سبز شدن، استقرار سریع‌تر و رشد مطلوب اندام‌های زایشی سبب افزایش ۱۹ درصد عملکرد دانه گردید (Shivay *et al*., 2008). رحمان و همکاران (Rehman *et al*., 2011) نشان دادند پرایمینگ بذر برنج با کلرید کلسیم از طریق کاهش مدت زمان لازم جهت سبز شدن و بهبود خصوصیات زایشی سبب افزایش ۲۷ درصدی عملکرد دانه شد. طی پژوهشی گزارش شد که پوشش‌دهی بذر برنج با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و هیدروپرایمینگ با بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط کشت مستقیم برنج گردید (Ahmad *et al*., 2013). خلیق و همکاران (Khaliq *et al*., 2015) اظهار داشتند پرایمینگ با آب و سلنیم از طریق بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای و به دنبال آن افزایش شاخص سطح برگ موجب افزایش تعداد خوشه و عملکرد دانه در کشت مستقیم برنج گردید. گزارش شده است که پرایمینگ با مونو آمونیوم فسفات ۴ درصد منجر به افزایش تعداد پنجه مؤثر و بهبود عملکرد دانه برنج گردید (Kalita et al., 2002). علت تسریع سرعت سبز شدن در اثر تیمار بذر با ترکیبات اُسمزی را می‌توان به افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقای عملکرد میتوکندری‌ها نسبت داد (Shivankar *et al*., 2003). در پژوهشی افزایش سرعت جوانه‌زنی در اثر تیمار بذر را به تنظیم بیان ژن و افزایش فعالیت چرخه سلولی و تقسیم سلولی نسبت دادند (Gallardo *et al*., 2001). به‌طورکلی دلیل اصلی افزایش سرعت جوانه‌زنی با تیمارهای پوشش‌دهی بذر را می‌توان با تکمیل مرحله متابولیسمی در جوانه‌زنی بذر توجیه کرد. در واقع بذور پیش‌تیمار شده از لحاظ طی مراحل جوانه‌زنی نسبت به بذور پیش‌تیمار نشده یک گام جلوتر هستند. در همین راستا گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش درصد و سرعت سبز شدن برنج تحت پیش‌تیمار با ترکیبات اُسمزی مختلف ارائه شده است (Hussain *et al*., 2016; Du *et al*., 2019). با توجه به این‌که یکی از مزیت‌های پرایمینگ و پوشش دار کردن بذر این است که مواد مستقیماً بر روی بذر و بلافاصله در اطراف گیاهچه‌های در حال جوانه‌زده قرار می‌گیرند و همچنین عناصر مغذی شرایط عمومی گیاه را بهبود می‌بخشند، بر این اساس هدف کلی این طرح بررسی اثر پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر برنج با عناصر غذایی بر تولید نشاهای سالم و قوی دو رقم برنج در شرایط اقلیمی رشت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، آزمایشی در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. ایستگاه پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار گرفته است. میزان متوسط بارندگی سالیانه ۱۱۰۰ میلی متر است. میانگین دمای سالانه منطقه اجرای پروژه در حدود ۱۵/۸ درجه سیلیسوس است. بافت خاک از نوع لومی رسی، هدایت الکتریکی ۱/۹۳ دسی‌زیمنس بر متر، اسدیته ۶/۹۴، فسفر و پتاسیم قابل جذب به‌ترتیب ۳۷/۱ و ۱۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، نیتروژن ۰/۱۷ درصد و ماده آلی خاک نیز ۰/۹۳ درصد بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط خزانه و زمین اصلی انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم برنج (هاشمی و گوهر) و تیمار کردن ارقام برنج در هفت سطح شامل ۱- پرایمینگ با کلرید کلسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، ۲- پرایمینگ با کلرید پتاسیم (۲۲/۵ گرم

در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، ۳- پرایمینگ با سولفات روی (غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در ۱۲ ساعت)، ۴- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دار کردن بذر با کلرید کلسیم، ۵- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش دار کردن با کلرید پتاسیم، ۶- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دار کردن با سولفات روی و ۷- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت به‌عنوان شاهد) بود (Farooq *et al*., 2006; Farooq *et al*., 2007; Rehman *et al*., 2015). برای انجام آزمایش، ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها به‌طور کامل ضدعفونی شد. بدین منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو داده شد. پس از اعمال تیمارهای پرایمینگ با مواد اُسمزی، بذرها از بطری خارج و برای خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در محیط سایه و دمای اتاق نگهداری شد، به‌طوری‌که رطوبت آن‌ها به میزان اولیه رسید. برای تیمارهای پوشش‌دار کردن بذر برنج ابتدا کلیه بذرها ۴۸ ساعت تحت هیدروپرایمینگ قرار گرفتند و پس از خشک کردن بذور، پوشش‌دار کردن بذرها اعمال شد. برای تهیه چسب پوشش‌دار کردن بذور از ماده CMC (کربوکسی متیل سلولز) استفاده شد. این ماده با غلظت ۳ درصد (۳ گرم چسب در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر) تهیه شد و به ازای هر ۱۰ گرم بذر، ۵ سی‌سی از محلول مورد نظر روی بذور ریخته شد و به همراه ترکیبات مغذی پوشش‌دار (کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات روی) در داخل جعبه پلاستیک ریخته و برای پنج دقیقه به‌خوبی تکان داده شد تا سطح خارجی بذرها به‌خوبی با ترکیبات مغذی آغشته شود تا لایه نازکی در اطراف بذر ایجاد گردد. سپس بذرها را در داخل یک سینی ضدعفونی شده پخش و در سایه قرار داده شد تا سطح آن‌ها خشک شوند (Taghi Zoghi *et al*., 2018).

عملیات آماده‌سازی خزانه مطابق رویه مرسوم منطقه صورت گرفت. بذرپاشی در خزانه در نیمه اول اردیبهشت انجام و نشاها پس از ۴-۳ برگی شدن (حدوداً اواخر اردیبهشت) به زمین اصلی منتقل شد. تراکم کاشت در زمین اصلی بین ۳ عدد نشا در هر کپه و فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف بود. اندازه کرت‌ها در این آزمایش برای هر تیمار ۴×۳ متر بود. قارچ کش های مناسب برای جلوگیری از خسارت بیماری بلاست، تری سیکلازول بود. برای کنترل و جلوگیری از کرم ساقه‌خوار برنج از دیازینون گرانول ۵ یا ۱۰ درصد و برای کنترل علف‌های هرز از علف کش‌های بوتاکلر و بن سولفورن متیل (لونداکس) سه تا هفت روز پس از نشاکاری و قبل از دو برگی شدن علف‌های هرز به‌ترتیب برای کنترل سوروف (*Echinochloa crus-galli*) و جگن (*Carex nigra*) استفاده شد. در این آزمایش ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و کودهای فسفر و پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. به‌طوری‌که، ۵۰ درصد کود اوره به‌صورت پایه و ۲۵ درصد آن در زمان طویل شدن ساقه و ۲۵ درصد دیگر نیز در زمان تشکیل خوشه مصرف شد. کود فسفر کامل به‌صورت پایه و کود پتاس نیز ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد دیگر در زمان تشکیل خوشه به شکل سرک مصرف گردید. ابعاد کرت در خزانه ۲×۱ متر بود. برای محاسبه درصد و سرعت سبز شدن بذور از برنامه Germin استفاده شد که این برنامه مدت زمانی که طول می‌کشد تا سبز شدن به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد را نیز محاسبه می‌کند. این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر پلات از طریق درون‌یابی[1] منحنی افزایش سبز شدن در مقابل زمان محاسبه می‌کند (Soltani and Madah, 2010). یادداشت‌برداری‌های لازم جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته در انتهای خوشه‌دهی (مرحله ۵۹-۵ از کدبندی جدول BBCH[2]) و شمارش تعداد پنجه در زمان برداشت (مرحله ۹۹-۹۰) انجام شد. طول و وزن خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه از طریق نمونه‌گیری تصادفی ۱۰ خوشه از هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی انجام گردید. عملیات برداشت برای تعیین عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک با برداشت دو متر مربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. عملکرد دانه در واحد سطح براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. همچنین شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری این طرح با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد و سرعت سبز شدن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر درصد و سرعت سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج آزمایش رقم گوهر دارای درصد و سرعت سبز شدن بالاتری نسبت به رقم هاشمی بود (جدول ۲). همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر پیش‌تیمار نیز بر سرعت سبز شدن معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین سرعت سبز شدن متعلق به تیمارهای پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم است. همچنین نتایج نشان داد که کم‌ترین سرعت سبز شدن متعلق به تیمارهای پوشش‌دار کردن بذر با کلرید پتاسیم و سولفات روی و همچنین پرایمینگ با سولفات روی است (جدول ۳).

علت افزایش سرعت سبز شدن در تیمارهای بذور پوشش‌دار شده با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم را می‌توان به بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی نسبت داد.

1- Interpolation
2- Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رقم و پیش‌تیمار بر درصد سبز شدن، سرعت سبز شدن و ارتفاع بوته

Table 1- Results of analysis variance (mean squares) cultivar and pretreatment on emergence percentage, emergence rate and plant height

منابع تغییرات	Source of variation	درجه آزادی d.f	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن Emergence rate	ارتفاع بوته Plant height
تکرار	Replication	2	32.17	0.2×10^{-2}	**73.14**
رقم	Cultivar (C)	1	466.67 **	0.2×10^{-3} **	**2966.88 ** **
پیش‌تیمار	Pretreatment (P)	6	38.13 ns	0.2×10^{-3} **	**20.6.65 * **
رقم × پیش‌تیمار	C × P	6	7.16 ns	0.1×10^{-3} ns	**269.49 * **
خطا	Error	26	29.81	0.7×10^{-3}	**79.12**
ضریب تغییرات	CV (%)	-	6.0	4.6	**7.0**

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

ns,* and ** non-significant, significance at 0.05 and 0.01 probability level.

به‌طوری‌که در پژوهشی دلیل افزایش درصد سبز شدن تیمار بذر گیاهان زراعی با مواد مغذی را به افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز، ایزوسیترات لیاز و ۳-فسفوگلیسرید دهیدروژناز در بذور تیمار شده نسبت دادند (Varier *et al.*, 2010).در آزمایشی دیگر بالاترین درصد جوانه‌زنی در پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم مشاهده شد. آن‌ها همچنین دلیل فیزیولوژیکی افزایش درصد جوانه‌زنی با ترکیبات اُسمزی را به بهبود غشاء سیتوپلاسمی و در نتیجه کاهش اتلاف الکترولیت‌ها نسبت دادند (Hasan *et al.*, 2016). نتایج پژوهشی نشان داد که پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم، کلرید سدیم، پلی‌اتیلن گلایکول، کلرید کلسیم و آب سبب بهبود درصد جوانه‌زنی گردید که در این بین نقش پیش‌تیمار با کلرید کلسیم و آب ملموس‌تر بود (Subedi *et al.*, 2015).

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد سبز شدن و سبز شدن دو رقم برنج

Table 2- Comparison of means percentage of emergence and emergence of two rice cultivars

Cultivar	رقم	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن Emergence rate (seed.day^{-1})
Hashemi	هاشمی	87	**0.17**
Gohar	گوهر	94	**0.19**
LSD $_{0.05}$		4.68	**0.007**

جدول ۳- مقایسه میانگین سرعت سبز شدن بذر برنج در تیمارهای مختلف پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر

Table 3- Comparison of means of rice seeds in different priming and seed coating treatments

پیش‌تیمار	Pretreatment	سرعت سبز شدن Emergence rate (seed.day^{-1})
پرایمینگ با کلرید کلسیم	Priming with $CaCl_2$	**0.19**
پرایمینگ با کلرید پتاسیم	Priming with KCl	**0.21**
پرایمینگ با سولفات روی	Priming with $ZnSO_4$	**0.17**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید کلسیم	Hydropriming+Encrusting with $CaCl_2$	**0.21**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید پتاسیم	Hydropriming+Encrusting with KCl	**0.18**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با سولفات روی	Hydropriming+Encrusting with $ZnSO_4$	**0.16**
شاهد	Control	**0.16**
LSD $_{0.05}$		**0.014**

ارتفاع بوته

اثر متقابل رقم و پیش‌تیمار بر ارتفاع بوته برنج معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته برنج به‌ترتیب متعلق به تیمارهای پوشش‌دار کردن و پرایمینگ با کلرید

پتاسیم در رقم هاشمی است. کم‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در تیمار شاهد و پرایمینگ با سولفات روی در رقم گوهر مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به تأثیر تیمار کردن بذر برنج بر سرعت سبز شدن (جدول ۳) و اثر آن بر بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای (Farooq *et al*., 2006) به‌نظر می‌رسد گیاهان حاصل از این تکنیک، عناصر غذایی بیش‌تری جذب نموده و به تبع آن ارتفاع بالاتری کسب نمودند. طی پژوهشی افزایش ارتفاع گیاه برنج را در اثر پیش‌تیمار با ترکیبات اُسمزی گزارش شد (Nawaz *et al*., 2016). همچنین طی آزمایشی گزارش شد پیش‌تیمار بذور با افزایش تعداد میان گره و یا افزایش فاصله بین گره‌ها سبب افزایش ارتفاع دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) (زرین و سرداری) گردید (Tajbakhsh *et al*., 2015). نتایج مطالعاتی در شرایط اقلیمی خشک نشان داد که پیش‌تیمار بذر از طریق افزایش سرعت ظاهر شدن و استقرار بهتر گیاهچه به سبب استفاده بهتر گیاه از رطوبت خاک، مواد غذایی و نور خورشید موجب افزایش ارتفاع گیاه ذرت (*Zea mays* L.) می‌گردد (Abbas Dokht and Aref beyki, 2015). گزارش شده است پرایمینگ با تسریع در تقسیم سلولی باعث افزایش ارتفاع بوته گیاهان می‌شود (Taheri *et al*., 2018).

جدول ٤- مقایسه میانگین ارتفاع بوته برنج در برهمکنش پیش‌تیمار و ارقام برنج

Table 4- Comparison of means height of rice plant in the interaction of pretreatment and rice cultivars

پیش‌تیمار	Pretreatment	هاشمی Hashemi	گوهر Gohar
پرایمینگ با کلرید کلسیم	Priming with $CaCl_2$	123	**123**
پرایمینگ با کلرید پتاسیم	Priming with KCl	143	**117**
پرایمینگ با سولفات روی	Priming with $ZnSO_4$	136	**110**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید کلسیم	Hydropriming+Encrusting with $CaCl_2$	128	**133**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید پتاسیم	Hydropriming+Encrusting with KCl	147	**128**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با سولفات روی	Hydropriming+Encrusting with $ZnSO_4$	140	**114**
شاهد	Control	133	**107**
$LSD_{0.05}$		**14.9**	

تعداد پنجه در بوته

اثر پیش‌تیمار بر تعداد پنجه در بوته برنج در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج به‌دست آمده نشان داد که پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم سبب افزایش تعداد پنجه در بوته نسبت به تیمار شاهد شد. کم‌ترین تعداد پنجه در بوته به‌ترتیب در تیمارهای پرایمینگ با سولفات روی و تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). افزایش پنجه در بوته به‌وسیله پیش‌تیمار بذر با کلرید کلسیم و پتاسیم را می‌توان به دلیل سبز شدن بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی نور، رطوبت خاک و عناصر غذایی نسبت داد (Ashraf and Foolad, 2005). در همین راستا نتایج تحقیقی نشان داد که پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌ترتیب باعث ۷ و ۱۳ درصد افزایش پنجه‌های بارور نسبت به تیمار شاهد شد (Farooq *et al*., 2006). نتایج مطالعه‌ای ثابت کرد که پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم موجب افزایش پنجه‌های بارور نسبت به تیمار شاهد در گیاه برنج می‌شود (Du, and Tuong, 2002). به‌نظر می‌رسد علت افزایش پنجه‌های بارور به دلیل تحریک رشد اولیه گیاهچه به کمک پیش‌تیمار است. به‌طوری‌که پیش‌تیمار از طریق تأمین عناصر غذایی ضروری مورد نیاز برای رشد در اوایل فصل رشد می‌تواند موجب سبز شدن سریع گیاهچه و ورود زودتر آن‌ها به مرحله اُتوتروف و در نهایت دستیابی سریع‌تر به سطح سبز مطلوب گردد که در این حالت با افزایش توانایی جذب منابع موجب بهبود ویژگی زایشی از جمله پنجه‌های بارور می‌گردد (Farooq *et al*., 2007). پیش‌تیمار با عناصر غذایی مانند کلسیم و پتاسیم با نقش کلیدی در واکنش‌های آنزیمی، تنفس، جذب و تثبیت CO_2، سنتز پروتئین‌ها و اثر آن بر فتوسنتز از طریق تنظیم کار روزنه‌ها و روابط آب در گیاه و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی دارد (Wang *et al*., 2012). طی پژوهشی ثابت شد پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم سبب افزایش قابل ملاحظه تعداد پنجه در واحد سطح گردید (Farooq *et al*., 2007). به‌نظر می‌رسد افزایش تعداد پنجه در اثر پوشش‌دهی بذر ناشی از جوانه‌زنی مطلوب و استقرار مناسب بوته حاصل از بذر تیمار شده می‌باشد. در اثر این امر روند رشد رویشی و به تبع آن رشد زایشی گیاه از جمله تعداد خوشه بهبود می‌یابد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رقم و پیش‌تیمار بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج

Table 5- Results of analysis variance (mean squares) of cultivar and pretreatment on yield and yield components of rice

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	طول خوشه Panicle length	وزن خوشه Panicle weight	تعداد دانه در خوشه Number of grainper panicle	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	25.79	0.07	0.5×10^{-2}	142.95	0.17	458939	755125	**14.62**
رقم Cultivar (C)	1	42.00^{ns}	61.93^{ns}	0.06^{ns}	10.00^{**}	42.80^{**}	37235^{**}	1352389^{**}	**150.21^{**}**
پیش‌تیمار Pretreatment (P)	6	16.93^{*}	41.71^{**}	0.05^{**}	83.43^{**}	15.48^{**}	67118^{**}	793235^{**}	**34.71^{*}**
رقم × پیش‌تیمار C × P	6	0.50^{ns}	2.43^{ns}	0.004^{ns}	74.11^{ns}	0.12^{ns}	42709^{ns}	274903^{ns}	**2.11^{ns}**
خطا Error	26	5.79	11.22	0.01	105.11	0.19	6370	182825	**12.14**
ضریب تغییرات CV (%)	-	19.6	13.4	8.3	10.92	1.9	6.3	4.6	**8.1**

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

ns,* and ** non-significant, significance at 0.05 and 0.01 probability level.

جدول ٦- اثر پیش‌تیمار بر طول خوشه، وزن خوشه، تعداد پنجه در بوته و تعداد دانه در خوشه

Table 6- Effect of pretreatment on panicle length, panicle weight, number of tillers per plant and number of grain per panicle

پیش‌تیمار	Pretreatment	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن خوشه Panicle weight (g)	تعداد دانه در خوشه Number of grain per panicle
پرایمینگ با کلرید کلسیم	Priming with $CaCl_2$	12.00	26.00	1.23	**95.67**
پرایمینگ با کلرید پتاسیم	Priming with KCl	13.00	25.50	1.28	**100.67**
پرایمینگ با سولفات روی	Priming with $ZnSO_4$	11.00	23.00	1.14	**82.50**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید کلسیم	Hydropriming+Encrusting with $CaCl_2$	13.50	28.00	1.32	**104.50**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید پتاسیم	Hydropriming+Encrusting with KCl	15.00	27.50	1.35	**108.67**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با سولفات روی	Hydropriming+Encrusting with $ZnSO_4$	11.50	24.00	1.19	**89.17**
شاهد (هیدروپرایمینگ)	Control (Hydropriming)	10.00	20.50	1.09	**76.50**
$LSD_{0.05}$		3.86	5.37	0.16	**16.44**

طول و وزن خوشه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر پیش‌تیمار بر طول و وزن خوشه برنج معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پیش‌تیمار و پرایمینگ بذر با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات روی سبب افزایش طول خوشه برنج نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۶). نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین وزن به‌ترتیب در تیمارهای پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم مشاهده شد. با این وجود پرایمینگ با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات روی نیز به‌ترتیب سبب افزایش ۱۲، ۱۷ و ۵ درصدی وزن خوشه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد افزایش طول و وزن خوشه در اثر پیش‌تیمار بذر ناشی از جوانه‌زنی مطلوب و استقرار مناسب بوته حاصل از بذر تیمار شده می‌باشد. در اثر این امر روند رشد رویشی و به تبع آن رشد زایشی

گیاه از جمله طول و وزن خوشه بهبود می‌یابد. به‌کارگیری تکنیک پیش‌تیمار سبب تولید ساقه‌های قوی‌تر و ضخیم‌تر و سیستم ریشه‌ای گسترده می‌شود و نیز برگ‌ها به‌صورت عمودی‌تر قرار گرفته که سبب افزایش فتوسنتز می‌شود که در این حالت سبب بهبود خصوصیات خوشه می‌گردد (Musa *et al*., 2001).

تعداد دانه در خوشه

اثرات اصلی رقم و پیش‌تیمار بر تعداد دانه در خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد دانه در خوشه در ارقام هاشمی و گوهر به‌ترتیب ۷۷/۹۵ و ۱۰۹/۹۵ عدد است (جدول ۷). علت افزایش تعداد دانه در رقم شیرودی را می‌توان به پتانسیل ژنتیکی و کیفیت فیزیولوژیکی این رقم نسبت داد (Dastan *et al*., 2014). پتانسیل ژنتیکی ارقام در بهبود تعداد دانه توسط محقق دیگری نیز ثابت شده است (Taheri *et al*., 2018). نتایج مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمار بر تعداد در خوشه نشان داد که بالاترین مقدار این صفت با ۱۰۸/۶۷ عدد در تیمار پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید پتاسیم مشاهده شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با پوشش‌دار کردن با کلرید کلسیم و پرایمینگ با کلرید پتاسیم نداشت. همچنین نتایج نشان داد که کم‌ترین تعداد دانه در خوشه با ۷۶/۵ عدد در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). عباس‌دخت و بیگی (Abbas Dokht and Aref beyki, 2015) در یک آزمایش بیان کردند که فعالیت کلروفیل و به دنبال آن میزان فعالیت فتوسنتزی گیاه تحت اثر پرایمینگ قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان علت افزایش تعداد دانه در خوشه در اثر تیمار کردن بذر را به فعالیت فتوسنتزی در نتیجه استقرار زودهنگام و بهره‌گیری مناسب از منابع محیطی گیاه زراعی نسبت داد (Abbas Dokht *et al*., 2016).

جدول ۷- اثر رقم بر تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

Table 7- Effect of cultivar on number of grain per panicle, 1000-seed weight, grain yield, biological yield and harvest index

رقم	Cultivar	تعداد دانه در خوشه **Number of grain per panicle**	وزن هزار دانه **1000-seed weight (g)**	عملکرد دانه **Grain yield ($kg.ha^{-1}$)**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield ($kg.ha^{-1}$)**	شاخص برداشت **Harvest index (%)**
هاشمی	Hashemi	77.95	22.61	3046	7354	**41.34**
گوهر	Gohar	109.95	24.63	4929	10943	**45.12**
$LSD_{0.05}$		8.79	0.38	216.4	366.7	**2.99**

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات رقم و پیش‌تیمار بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه در بین دو رقم مورد بررسی در رقم گوهر به‌دست آمد (جدول ۷). همچنین یافته‌های این پژوهش به‌خوبی نشان داد که پیش‌تیمار بذر برنج می‌تواند سبب افزایش وزن هزار دانه گردد. به‌طوری‌که پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات روی به‌ترتیب ۱۰، ۱۲ و ۵ درصد تحت پرایمینگ و به‌ترتیب ۱۸، ۲۲ و ۱۰ درصد تحت پوشش‌دار کردن سبب افزایش وزن هزار دانه برنج نسبت به تیمار شاهد گردید. (جدول ۸). افزایش وزن دانه به‌واسطه پرایم کردن، عمدتاً ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن می‌باشد که در این مورد قدرت مخزن نقش کلیدی دارد (Mohagheghi and Aboutablbian, 2014). کائور و همکاران (Kaur *et al*., 2005) دلیل افزایش وزن دانه را به افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در متابولیسم ساکارز سینتتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتتاز نسبت دادند. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که پیش تیمار با مواد اُسمزی و آب به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱ و ۵ درصد وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد در گیاه زراعی برنج گردید (Nawaz *et al*., 2016). آن‌ها همچنین افزایش وزن دانه به‌واسطه پیش تیمار کردن را عمدتاً ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن نسبت دادند که در این مورد قدرت مخزن نقش کلیدی دارد. بررسی اثر پیش تیمار بر وزن هزار دانه ذرت نشان داد که پیش تیمار با آب و مواد اُسمزی سبب افزایش به‌ترتیب ۲ و ۵ درصدی در کاشت زودهنگام و همچنین سبب افزایش ۲ و ۳ درصدی وزن هزار دانه در تاریخ کاشت مطلوب شدند (Rehman *et al*., 2015). در پژوهشی نشان داده شد که پرایمینگ بذر برنج با سالیسیلیک اسید از طریق بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای و سایر خصوصیات زایشی سبب افزایش وزن هزار دانه شد (Nie *et al*., 2020).

عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی رقم و پیش‌تیمار در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه و بیولوژیک معنی‌دار است اما برهم‌کنش آن‌ها بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد عملکرد دانه و بیولوژیک در رقم گوهر بالاتر از رقم

هاشمی بود (جدول ۷).

جدول ۸- اثر پیش‌تیمار بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

Table 8- Effect of pretreatment on 1000-grain weight, grain yield, biological yield and harvest index

پیش‌تیمار	Pretreatment	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
پرایمینگ با کلرید کلسیم	Priming with $CaCl_2$	26.00	4045	9382	**43.26**
پرایمینگ با کلرید پتاسیم	Priming with KCl	25.50	4283	9208	**46.00**
پرایمینگ با سولفات روی	Priming with $ZnSO_4$	23.00	3616	8511	**42.25**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید کلسیم	Hydropriming+Encrusting with $CaCl_2$	28.00	4236	9566	**43.98**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با کلرید پتاسیم	Hydropriming+Encrusting with KCl	27.50	4384	9408	**46.23**
هیدروپرایمینگ+پوشش‌دار کردن با سولفات روی	Hydropriming+Encrusting with $ZnSO_4$	24.00	3792	9112	**41.22**
شاهد (هیدروپرایمینگ)	Control (Hydropriming)	20.50	3557	8854	**39.71**
$LSD_{0.05}$		0.71	404.9	685.96	**5.59**

پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌ترتیب ۱۴ و ۲۰ درصد تحت پرایمینگ و به‌ترتیب ۱۹ و ۲۳ درصد تحت پوشش‌دار کردن سبب افزایش عملکرد دانه برنج نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۸). در همین راستا نتایج پژوهشی نشان داد که پرایمینگ با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم با غلظت ۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب سبب افزایش به‌ترتیب ۱۸ و ۱۵ درصدی عملکرد دانه در برنج گردید (Farooq *et al*., 2006). در مطالعه‌ای گزارش شد که پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم سبب افزایش ۱۱ درصدی عملکرد دانه در کشت مستقیم برنج گردید (Mahajan *et al*., 2011). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای پرایمینگ و پوشش‌دار کردن با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم مشاهده شد که از نظر آماری در یک گروه معنی‌دار قرار گرفتند (جدول ۶). نتایج نشان داد که کم‌ترین عملکرد بیولوژیک با ۸۵۱۱، ۹۱۱۲ و ۸۸۵۴ به‌ترتیب تحت پرایمینگ و پوشش‌دار کردن با سولفات روی و تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۸). راه‌چمندی و همکاران (Rahchamandi *et al*., 2013) نیز افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر پرایمینگ را به استقرار سریع گیاهان و به تبع آن استفاده از منابع نسبت داد. در بذور پرایم شده ماش (*Vigna radiata*) ۸۰ درصد افزایش بیوماس نسبت به بذور شاهد مشاهده شد (Rashid *et al*., 2004). لطیف‌زاده و همکاران (Latifzadeh *et al*., 2013) بیان داشتند پرایم با محلول سولفات روی، اوره و آب معمولی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) می‌شود، آن‌ها این افزایش عملکرد را به افزایش درصد و سرعت ظهور گیاهچه نسبت دادند. به‌طورکلی افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌وسیله پیش‌تیمار بذر همچنان که محققین دیگر نیز گزارش کرده‌اند، می‌تواند به دلیل بهبود ویژگی‌های آنتی‌آکسیدانی، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی نور، رطوبت خاک و عناصر غذایی باشد (Abbas Dokht *et al*., 2015; Seyami *et al*., 2017). در توجیه افزایش عملکرد ناشی از پرایمینگ و پوشش‌دار کردن می‌توان به افزایش سرعت سبز شدن (جدول ۳) و بهبود خصوصیات زایشی اشاره کرد (جداول ۶ و ۷). عارف و همکاران (Arif *et al*., 2008) افزایش عملکرد بذور پرایم شده سویا (*Glycine max* L.) را به سریع‌تر سبز شدن بذور پرایم شده نسبت دادند. توکلو (Toklu, 2015) اظهار داشت پرایمینگ بذور عدس (*Lens culinaris*) با سولفات روی از طریق افزایش تعداد غلاف و دانه در غلاف سبب افزایش عملکرد دانه تا ۹۲ درصد شد. خان و همکاران (Khan *et al*., 1995) نیز افزایش عملکرد دانه بذرهای پرایم شده را ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح انرژی به دلیل افزایش ATP، سنتز DNA و RNA، افزایش و همچنین ارتقای عملکرد میتوکندری‌ها دانستند. سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2009) گزارش کردند استفاده از تیمار پرایمینگ بذر با کوتاه کردن دوره سبز شدن و کاهش دمای پایه توانست سرعت رشد اولیه گیاه و در نهایت عملکرد دانه را افزایش دهد. هیدروپرایمینگ بذور می‌تواند در گیاهان حاصله محتوای کلروفیل a و b و میزان فتوسنتز را افزایش دهد و از این طریق قدرت منبع و فراهمی مواد آلی ساخته شده را افزایش دهد و در نهایت بهبود

عملکرد دانه را در بر داشته باشد (Roy and Sirvastava, 2009).

شاخص برداشت

نتایج به‌دست آمده در جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات رقم و پیش‌تیمار بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین شاخص برداشت دو رقم نشان داد که رقم گوهر از شاخص برداشت بالاتری نسبت به رقم هاشمی برخوردار بود (جدول ۷). براساس مقایسه میانگین شاخص برداشت برنج در تیمارهای مختلف پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر، بالاترین شاخص به‌ترتیب متعلق به تیمارهای پوشش‌دار کردن و پرایمینگ با کلرید پتاسیم و کم‌ترین آن متعلق به تیمار شاهد ثبت بود (جدول ۸). این نتایج با یافته‌های زب و عارف (Zeb and Arif, 2008) که بیان داشتند پیش‌تیمار مواد اُسمزی سبب افزایش شاخص برداشت ذرت می‌گردد، نیز مطابقت دارد. در آزمایشی دیگر نشان داده شد که پیش‌تیمار با کلرید کلسیم سبب افزایش ۸ درصدی شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد در گیاه برنج شد (Rehman *et al*., 2011). آن‌ها افزایش تسهیم ماده خشک به سمت خوشه که در نتیجه سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود را دلیل افزایش شاخص سطح برداشت عنوان کردند. نتایج مطالعه‌ای همچنین نشان داد که پرایمینگ با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم با غلظت ۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب به‌ترتیب سبب افزایش ۱۶ و ۲۰ درصدی شاخص برداشت گیاه برنج نسبت به تیمار عدم پیش‌تیمار گردید (Farooq *et al*., 2007). آن‌ها نیز دلیل افزایش آن را افزایش وزن خشک خوشه و به دنبال آن افزایش دانه عنوان کردند.

نتایج پژوهشی نیز نشان داد که پیش‌تیمار مواد اسمزی با عنصر روی سبب افزایش ۱۳ درصد شاخص برداشت در گیاه ذرت شد (Rehman *et al*., 2015). حسین و همکاران (Hussain *et al*., 2016) نیز افزایش شاخص برداشت در اثر پیش‌تیمار (کلرید پتاسیم و مونوسدیم فسفات) را به توزیع ماده خشک تولیدی به سمت اندام‌های زایشی نسبت دادند. عرضه مواد پرورده از فتوسنتز جاری و مواد ذخیره‌ای در طول دوره پر شدن دانه تعیین‌کننده وزن دانه به هنگام برداشت است. از آنجا که پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذور موجب تسریع مراحل نموی گیاه می‌شود، ممکن است انتظار رود که دانه برنج مدت زمان بیش‌تری برای ذخیره مواد پرورده در اختیار دارند و چون وزن هر دانه در درجه اول به‌وسیله طول دوره پرشدن تعیین می‌شود در نتیجه تیمار بذر موجب افزایش شاخص برداشت می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پرایمینگ و پوشش‌دار کردن بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم در ارقام برنج می‌توانند از طریق بهبود درصد و سرعت سبز شدن و در نتیجه بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای که نتیجه آن افزایش اجزای عملکرد و به دنبال آن عملکرد بیولوژیکی و دانه است سبب افزایش عملکرد برنج شوند. لذا، می‌توان به کشاورزان توصیه کرد که از روش مدیریت زراعی ساده و ارزان قیمت پیش‌تیمار بذرها با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم استفاده نمایند.

References

1. Abbas Dokht, H., and Aref beyki, M. 2015. The effects of hydropriming, planting depth and nitrogen split application on grain yield and it'scomponents of 370 double cross hybrid corn in arid zone. Journal of Plant Production Research 22 (1): 149-172. (in Persian with English abstract).
2. Abbas Dokht, H., Afshari, H., Owji, E., and Taheri, S. 2016. The effect of seed priming and different levels of nitrogen application on quantitative and qualitative yield of sunflower progress cultivar. Crop Physiology 8 (29): 105-120. (in Persian with English abstract).
3. Ahmad, R., Hussain, S., Farooq, M., Rehman, A. U., and Jabbar, A. 2013. Improving the performance of direct seeded system of Rrice intensification by seed priming. International Journal of Agriculture and Biology 15 (4): 791-794.
4. Akhgary, H., Esfahani, M., Mohsenabadi, G. R., and Alami, A. 2017. Evaluating the effect of seed priming on growth and yield of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in direct seeding method. Cereal Research 7 (3): 315-329.
5. Arif, M., Tariqjan, M., Marwat K. R., and Azim khan, M. 2008. Seed priming improves emergence and yield of soybean. Pakistan Journal of Botany 40 (3): 1169-1177.
6. Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2005. Pre-sowing seed treatment– A shot-gun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223-271.
7. Dastan, S., Noormohamadi, G., and Madani, H. 2014. Comparison of agronomical traits of four rice genotypes in cropping systems at Neka region. Journal of Crops Improvement 16 (2): 231-246. (in Persian with English abstract).
8. Du, L. V., and Tuong, T. P. 2002. Enhancing the performance of dry-seeded rice: effects of seed priming, seedling rate, and time of seedling. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopes, K., and Hardy B. (eds), Direct seeding: Research strategies and opportunities. International Research Institute, Manila, Philippines 241-256.
9. Du, B., Luo, H., He, L., Zheng, L., Liu, Y., Mo, Z., Pan, S., Tian, H., Duan, M., and Tang, X. 2019. Rice seed

priming with sodium selenate: Effects on germination, seedling growth, and biochemical attributes. Scientific Reports 9: 1-9.

10. Farooq, M., Basra, S. M. A., and Hafeez, K. 2006. Seed invigoration by osmohardening in coarse and fine rice Seed Science and Technology 341: 181-187.
11. Farooq, M., Basra, S. M. A., and Ahmad, N. 2007. Improving the performance of transplanted rice by seed priming. Plant Growth Regulation 51: 129-137.
12. Farooq, M., Wahid, A., and Siddique, K. H. M. 2012. Micronutrient application through seed treatments–a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12: 125-142.
13. Farooq, M., Basra, S. M. A., and Wahid, A. 2015. Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. Plant Growth Regulation 49: 285-294.
14. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations Database; Food and Agriculture Organization (FAO), Rome. Available online: http://www.fao.org.
15. Gallardo, K., Job, C., Groot, S. P. C., Puype, M., Demol, H., and Job, D. 2001. Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming. Plant Physiology 126: 835-848.
16. Harris, D., Pathan, A. K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., and Nyamudaza, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agricultural Systems 69: 151-164.
17. Hasan, M. N., Salam, M. A., Chowdhury, M. M. L., Sultan, M., and Islam, N. 2016. Effect of osmopriming on germination of rice seed. Bangladesh Journal of Agricultural Research 41 (3): 451-460.
18. Hussain, S., Khan, F., Cao, W., Wu, L., and Geng, M. 2016. Seed priming alters the production and detoxification of reactive oxygen intermediates in rice seedlings grown under sub-optimal temperature and nutrient supply. Frontiers in Plant Science 7: 1-14.
19. Imran, M., Mahmood, A., Romheldand, V., and Neuman, G. 2013. Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. European Journal of Agronomy 49: 141-148.
20. International Rice Research Institute (IRRI). 2020. International Rice Research Institute. Available online: http://www.irri.org.
21. Kalita, U., Suhrawardy, J., and Das, J. R. 2002. Effect of seed priming with potassium salt and potassium levels on growth and yield of direct seeded summer rice (*Oryza sativa* L.) under rainfed upland condition. Indian Journal of Hill Farming 15: 50-53.
22. Khaliq, A., Aslam, F., Matloob, A., Hussain, S., Geng, M., Wahid, A., and Rehman, H. 2015. Seed priming with selenium: consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of rice. Biological Trace Element Research 166 (2): 236-244.
23. Khan, A. A., Ilyas, S., and Ptasznik, W. 1995. Integrating low water potential seed hydration with other treatments to improve cold tolerance. Annals of Botany 75: 13-19.
24. Latifzadeh, M., Aboutalbian, M. A., Zavareh, M., and Rabiei, M. 2013. Effects of seed priming and sowing dates on seedling emergence, yield and yield components of a local genotype bean as a double crop in Rasht. Iranian Journal of Field Crop Science 44 (1): 23-33. (in Persian with English abstract).
25. Mahajan, G., Sarlach, R. S., Japinder, S., and Gill, M. S. 2011. Seed priming effects on germination, growth and yield of dry directed-seeded rice. Journal of Crop Improvement 25 (4): 409-417.
26. Mohagheghi, A., and Aboutalbian, M. A. 2014. Study of sowing date and seed priming effect on seed yield, its components and some of agronomic and qualitative properties of two spring canola cultivars in Hamedan. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (3): 516-525. (in Persian with English abstract).
27. Musa, A., Harris, D., Johansen, C., and Kumar, J. 2001. Short duration chick pea to replace fallow after a man-rice: the role of on farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. Experimental Agriculture 37 (4): 509-521.
28. Nawaz, A., Farooq, M., Ahmad, R., Basra, S. M. A., and Lal, R. 2016. Seed priming improves stand establishment and productivity of no till wheat grown after direct seeded aerobic and transplanted flooded rice. European Journal of Agronomy 76: 130-137.
29. Nie, L., Liu, H., Zhang, L., and Wang, W. 2020. Enhancement in rice seed germination via improved respiratory metabolism under chilling stress. Food and Energy Security 9 (4): 1-13.
30. Priya, T. S. R., Nelson, A. R. L. E., Ravichandran, K., and Antony, U. 2019. Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: A review. Journal of Ethnic Foods 6: 1-11.
31. Rahchamani, H., Aboutalbian, M. A., Ahmadvand, G., and Jahedi, A. 2013. Effects of on-farm seed priming and sowing date on germination properties and some physiological growth indices of three soybean cultivars (*Glycine max* L.) in Hamedan. Iranian Journal of Field Crop Science 43 (4): 715-728. (in Persian with English abstract).
32. Rashid, A., Harris, D., Hollington, P. A., and Rafiq, M. 2004. Improving the yield of mungbean (*vigna radiata*) in the North West frontier province of Pakistan using on-farm seed priming. Experimental Agriculture 40: 233-244.
33. Rehman, H. U., Basra, S. M. A., and Farooq, M. 2011. Field appraisal of seed priming to improve the growth,

yield, and quality of direct seeded rice. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 35: 357-365.
34. Rehman, A., Farooq, M., Ahmad, R., and Basra, S. M. A. 2015. Seed priming with zinc improves the germination and early seedling growth of wheat. Seed Science and Technology 43: 262-268.
35. Rezvantalab, N., Dastan, S., Soltani, A. 2019. Identification of production constraints and yield gap monitoring of local rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Mazandaran province. Iranian Journal of Crop Sciences 21 (2): 155-172. (in Persian with English abstract).
36. Roy, N. K., and Srivastava, A. K. 2009. Adverse effect of salt stress conditions on chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves and its amelioration through pre-soaking treatments. Indian Journal of Agriculture Science 70: 777-778.
37. Seyami, R., Mirshekari, B., Farahvash, F., Rashidi, V., and Tari Nejad. A. R. 2017. The effect of seed priming with salicylic acid and water deficit tension on enzyme activity and yield of grain corn. Crop Physiology 9 (34): 23-35. (in Persian with English abstract).
38. Shivankar, R. S., Deore, D. B., and Zode. N. G. 2003. Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. Journal of Oilseeds Research 20: 299-300.
39. Shivay, Y. S., Kumar, D., Prasad, R., and Ahlawat, L. P. S. 2008. Relative yield and zinc uptake by rice from zinc sulphate and zinc oxide coatings onto urea. Nutrient Cycling in Agroecosystems 80: 181-188.
40. Soltani, E., Miri, A. A., and Ghaderifar, F. 2009. The effect of seed priming on emergence and yield of cotton at different sowing date. Journal of Plant Production 16 (3): 163-174.
41. Soltani, A., and Madah, V. 2010. Simple Applied Programs for Education and Research in Agronomy. Iranian Society of Ecological Agriculture. Tehran. Iran. 80p. (in Persian).
42. Subedi, R., Maharjan, B. K., and Adhikari, R. 2015. Effect of different priming methods in rice. Journal of Agricultural and Environmental 16: 156-160.
43. Taghi Zoghi, S., Soltani, E., Allahdadi, I., and Sadeghi, R. 2018. The effects of seed coating treatments on seedling emergence and growth of rapeseed and the growth of pathogenic fungi. Iranian Journal of Seed Science and Research 5 (3): 103-115. (in Persian with English abstract).
44. Taheri, S., Gholami, A., Abbas Dokht, H., and Makarian, H. 2018. Response of yield, yield components and seed quality of safflower cultivars to water deficit tension and seed priming. Crop Physiology 10 (38): 39-58. (in Persian with English abstract).
45. Tajbakhsh, M., Hasanzadeh, A., and Aghaii, R. 2015. The effect of different priming treatments on morphophysiological characteristics and yield of two wheat cultivars in optimal conditions and irrigation cut-off. Applied Field Crops Research 28 (4): 74-84. (in Persian with English abstract).
46. Toklu, F. 2015. Effect of different priming treatments on seed germination properties yield components and grain yield of lentil. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 43 (1): 153-158.
47. Varier, A., Vari, A. K., and Dadlani, M. 2010. The subcellular basis of seed priming. Current Science 99: 450-456.
48. Wang, S., Wang, E., Wang, F., and Tang, L. 2012. Phenological development and grain yield of canola as affected by sowing date and climate variation in the Yangtze River Basin of China. Crop and Pasture Science 63: 478-488.
49. Zeb, T., and Arif, M. 2008. Effect of zinc application methods on yield and yield components of maize. Australian Journal of Crop Science 3 (2): 37-41.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 287-298

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۹۸-۲۸۷

Effect of Seed Priming and Encrusting Coating on Yield and Yield Components of Two Rice Cultivars

Sh. Nazari[1*], M. Hosseini Chaleshtori[1], M. Allahgholipour[2]

Received: 31-03-2021
Accepted: 14-07-2021

Introduction: Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important staple food crops in the world. However, rapid increase in world population and adverse effects of climate change, such as prolonged drought, has resulted in challenges in food security. One of the important factors in reducing rice yield can be the emergence and poor establishment of seedlings in the field. Seed treatment before sowing is the foundation for activation of seed resources that in combination with external ingredients could contribute to the efficient plant growth and high yield. Various physiological and non-physiological techniques are available for enhancing seed performance as well as to combat environmental constraints. Pre-sowing seed treatment such as seed coating and seed priming could improve the seed germination and vigor particularly under unfavorable environmental conditions.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of priming and seed coating on emergence characteristics, yield and yield components of rice, a field experiment was conducted in the 2020 growing season, Rice Research Institute of Iran (RRII). The experiment was performed as a factorial in a randomized complete block design with three replications. Experimental factors include rice cultivars (Hashemi and Gohar) and treatment of rice cultivars in seven levels including 1- Priming with calcium chloride (-1.25 MPa in 24 hours), 2- Priming with potassium chloride (1.25 MPa in 24 hours), 3- Priming with zinc sulfate (concentration of 0.5 mM in 12 hours), 4- Hydropriming (48 hours) + Coating the seeds with calcium chloride, 5- Hydropriming (48 hours) + Coating With potassium chloride, 6- Hydropriming (48 hours) + coating with zinc sulfate and 7- Hydropriming (48 hours as control).

Results and Discussion: The results showed that the highest emergence percentage with 87% and 94% and the emergence rate with 0.17 and 0.19 ($1.day^{-1}$) were obtained in Hashemi and Gohar cultivars, respectively. From these results, it is inferred that Gohar cultivar has higher genetic potential and physiological quality than Hashemi cultivar. The results of mean comparison showed that the highest height of rice plant with 147 and 143 cm was observed in coating and priming with potassium chloride in Hashemi cultivar, respectively. The results of this study attributed the increase in height to the effect of pretreatment on increasing the rate of emergence and better establishment of seedlings due to better plant use of related resources. The results showed that seed pretreatment with calcium chloride, potassium chloride and zinc sulfate increased the panicle length by 27, 24 and 12% under priming and 37, 34 and 17% under seed coating, respectively. The results of the mean comparison table showed that the highest panicle weight with 1.35 and 1.32 g was observed by seed coating with potassium chloride and calcium chloride, respectively. However, priming with calcium chloride, potassium chloride and zinc sulfate also increased the cluster weight by 12, 17 and 5%, respectively, compared to the control treatment. The results showed that the highest 1000-seed weight was obtained among the two cultivars with 24.63 g in Gohar cultivar. Also, the findings of this study showed well that pretreatment of rice seeds can increase the *1000-seed weight.* Pretreatment of rice seeds with calcium chloride, potassium chloride and zinc sulfate 10, 12 and 5% under priming and 18, 22 and 10% under seed coating, respectively, increased *1000-seed weight.* The results of mean comparison showed that grain yield in Hashemi and Gohar cultivars were 3046 and 4929 $kg.ha^{-1}$, respectively. Pretreatment of rice seeds with calcium chloride and potassium chloride 14 and 20% under priming and 19 and 23% seed coating respectively, increased rice grain yield. In general, the increase in grain yield can be due to the improvement of antioxidant properties, proper establishment and optimal use of environmental factors such as light, soil moisture and nutrients.

Conclusions: According to the results of this study, priming and seed coating treatments with calcium chloride and potassium chloride in rice cultivars can increase rice yield by improving seedling characteristics. Therefore, farmers can be advised to use a simple and inexpensive crop management method to pre-treat seeds with calcium chloride and potassium chloride.

Keywords: Emergence percentage, Grain yield, Harvest index, Panicle length, Plant height

1- Research Assistant Professor, Department of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2- Research Associate Professor, Department of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: shahram_nazari1986@yahoo.com)